

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТА

А.Ф. КАПУСТИН, И.С. СЕМЕРИКОВ, студ. Я.Р. СУЛЕЙМАНОВА

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

При сжигании твердого топлива на ТЭС России ежегодно образуется не менее 40 млн. т золы и шлака, которые гидравлическим способом транспортируются и складываются в отвалах. Образующаяся при этом золошлаковая смесь (ЗШС) характеризуется неоднородным составом в зависимости от вида топлива и места ее залегания на золоотвале. Одними из основных направлений ее использования является производство цемента, как правило, в качестве алумосиликатного компонента сырьевой смеси портландцементного клинкера. ГОСТ 31108-2003 допускает использование золы-уноса в составе различных типов цемента как в качестве основной минеральной добавки в количестве от 6 до 35 %, так и вспомогательный компонент – до 5 % [1]. В работах [2-3] показано, что отвальную ЗШС можно использовать в качестве минеральной добавки в составе портландцемента, пригодного для производства бетонных и железобетонных изделий. Однако, влияние количества шлака в составе ЗШС на свойства цемента не изучалось.

Цель данной работы – исследовать влияние количества топливного шлака в составе ЗШС Верхнетагильской ГРЭС на физико-механические свойства портландцемента.

В исследованиях использовали портландцементный клинкер ( $KH = 0,92$ ,  $n = 2,07$ ,  $p = 1,25$ ) ЗАО «Невьянский цементник» следующего состава, %: 60,8  $C_3S$ ; 14,7  $C_2S$ ; 7,4  $C_3A$ ; 13,9  $C_4AF$ ; 0,29  $CaO_{св}$ . Для регулирования сроков схватывания цементов применяли гипсоангидритовый камень Ергачинского месторождения, а в качестве минеральной добавки – ЗШС, отобранная с отвала № 2 ВТГРЭС, и доменный гранулированный шлак (ДГШ ОАО «Ниж-нетагильский металлургический комбинат» (по ТУ 14-102-184-99) (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав минеральных добавок

Материал	$\Delta m_{прк}$ , масс. %	Содержание оксидов, масс. %							
		$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SO_3$	$R_2O$	Проч.
ДГШ НТМК	0,60	37,50	13,88	1,52	32,75	7,98	0,88	–	
ЗШС ВТГРЭС	3,28	45,69	22,33	20,41	4,42	1,83	0,07	0,35	1,62
Зола	2,97	42,57	20,05	25,40	4,75	1,73	0,09	0,32	2,12
Топливный шлак	3,51	50,98	26,53	11,12	3,87	1,99	0,07	0,40	1,53

Проба ЗШС имела влажность 27,8 %, количество топливного шлака в ней до 20 %, по содержанию  $CaO$  она является кислой, количеству естественных радионуклидов ( $A_{эфф} = 139,9$  Бк/кг) соответствует требованиям класса I по СП 2.6.1.798-99. По химическому составу и потери массы при прокаливании, значению  $t$ -критерий Стьюдента, концу схватывания и водостойкости ЗШС ВТГРЭС удовлетворяет требованиям к минеральным добавкам для цементов общестроительного назначения по ГОСТ 31108-2003. По зерновому составу она представлена преимущественно тонкодисперсной зольной частью (содержание фракции менее 0,315 мм составляет 82,8 %), содержание зерен крупнее 5 мм – 2,5 %. Топливный шлак характеризуется повышенным содержанием  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  и потери массы при прокаливании и меньшей плотностью (табл. 2).

Таблица 2

Истинная и насыпная плотности золошлаковых материалов

Плотность	ЗШС	Зола	Топливный шлак
Истинная, г/см <sup>3</sup>	2,75	2,79	2,65
Насыпная, кг/м <sup>3</sup>	997	953	797

Микроскопические исследования показали, что основную массу ЗШС составляет стекло, представленное преимущественно частицами шарообразной формы, и спек в виде мелкопористых, часто неправильной формы, с высокоразвитой поверхностью агрегатов. По

данным рентгенофазового анализа, кроме стекловидной фазы, ЗШС и ее зольная и шлаковая составляющие содержат кварц, магнетит, муллит и кристобалит (рис. 1).

Цементы готовили совместным помолом в лабораторной шаровой мельнице клинкера, минеральных добавок (ДГШ, ЗШС, зола и смесь золы и топливного шлака) и гипсового камня, который вводили в количестве 4 % от массы вяжущего (2,26-2,36 % по  $SO_3$ ), до тонкости помола 5,3-5,6 %. Количество топливного шлака в составе цемента изменяли от 2 до 8 % (табл. 2). Удельную поверхность цементов определяли на приборе ПСХ-4, тонкость помола, нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста, равномерность изменения объема цементного камня – по ГОСТ 310.2-76 и ГОСТ 310.3-76, предел прочности при изгибе и сжатии – по ГОСТ 310.4-81.

Установлено, что с увеличением количества топливного шлака в составе золошлаковой смеси до 40 % (составы № 1-5) продолжительность помола цемента повышается на 21 % по сравнению с составом, содержащим одну золу, однако, это в 1,75 раз меньше, чем время помола портландцемента с добавкой ДГШ. При этом содержание топливного шлака не влияет на изменение удельной поверхности цемента с добавкой ЗШС, которая при одинаковой тонкости помола в среднем на 13 % меньше удельной поверхности портландцемента с ДГШ.

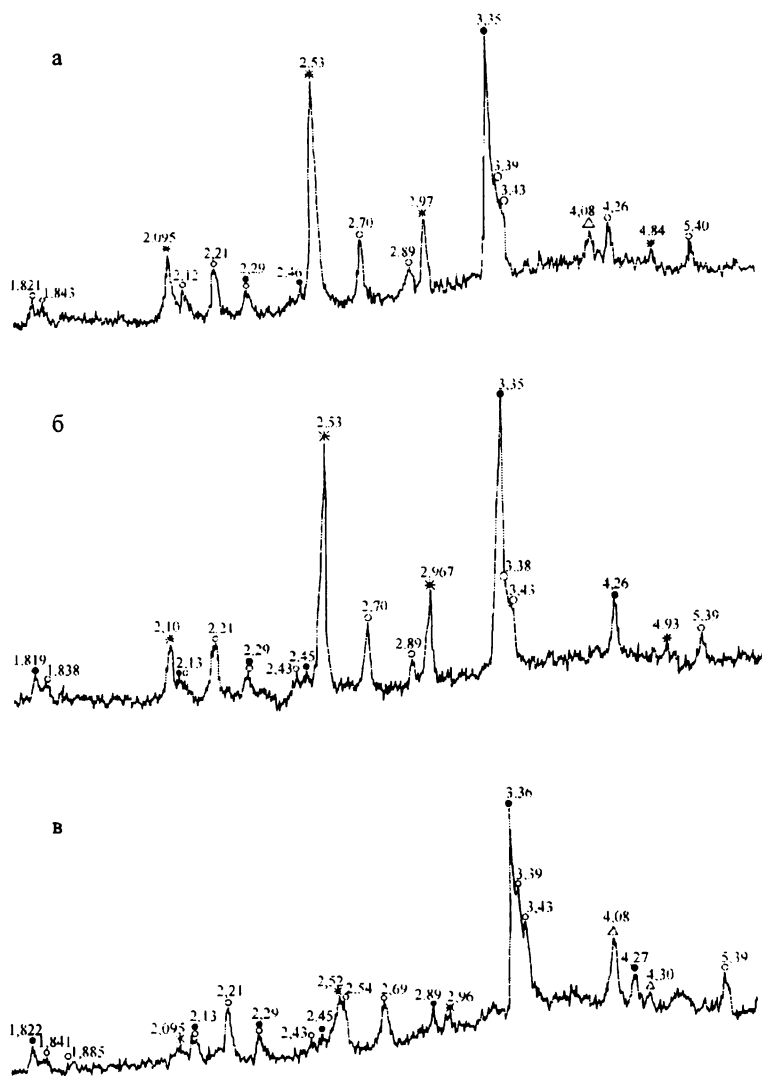


Рис. 1. Рентгенограмма: а – ЗШС; б – зольной; в – шлаковой в составляющих: ● – кварц; ○ – муллит; Δ – кристобалит; \* – магнетит

Таблица 3

Состав и физико-механические свойства портландцементов

№ состава	Содержание минеральной добавки в цементе, мас. %				$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /кг	НГ, мас. %	Сроки схватывания, ч-мин.		Предел прочности при изгибе / сжатии, МПа, при твердении, через, сут.		
									нормальное		пропаривание
									3	28	
	ЗШС	Зола	Шлак	ДГШ			начало	конец			1
1	-	20	-	-	304	29,0	2-35	6-05	4,25 / 21,3	6,64 / 42,2	4,55 / 25,6
2	-	18	2	-	295	29,0	2-30	6-10	4,21 / 21,2	6,54 / 42,1	4,46 / 26,5
3	-	16	4	-	300	29,0	2-10	6-00	4,06 / 20,4	6,30 / 40,2	4,22 / 25,8
4	-	14	6	-	296	29,6	2-15	6-15	3,90 / 19,6	6,20 / 37,9	4,30 / 25,4
5	-	12	8	-	307	30,3	2-10	6-20	4,32 / 18,8	6,39 / 37,2	3,98 / 25,6
6	20	-	-	-	305	29,0	2-45	5-55	4,04 / 18,4	6,15 / 37,8	4,33 / 25,3
7	-	-	-	20	343	27,2	2-45	5-20	4,52 / 19,6	5,95 / 41,5	4,50 / 25,9

Водопотребность портландцемента с добавкой ЗШС, содержащей 10-20 % топливного шлака, не изменяется, но с ростом его количества до 40 % она несколько увеличивается. При этом нормальная густота цемента с добавкой ДГШ на 1,8-3,1 % меньше, чем водопотребность цемента с ЗШС. Увеличение количества топливного шлака в составе ЗШС ускоряет начало и практически не влияет на конец схватывания цемента. По срокам схватывания и равномерности изменения объема цементного камня все составы портландцемента с различным содержанием топливного шлака в составе ЗШС удовлетворяют требованиям действующих стандартов на общестроительные цементы.

По сравнению с портландцементом с добавкой золы и ДГШ увеличение количества шлака в составе ЗШС до 20 % не снижает предел прочности при сжатии цемента через 3 и 28 суток нормального твердения, но уменьшает прочность при изгибе. Более высокое содержание топливного шлака снижает прочность портландцемента, как при сжатии, так и изгибе, независимо от условий твердения цементного камня.

Таким образом, оптимальное содержание топливного шлака в составе ЗШС Верхнетагильской ГРЭС, не снижающее прочность портландцемента при нормальном твердении и после пропаривания, составляет до 20 %.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. Введ. 01.01.2004. М.: ФГУП ЦПП, 2004. С. 20 с.
2. Крашенинников О.Н. Золошлаковые смеси Кировской ГРЭС – эффективная добавка в бетоны. О.Н. Крашенинников, В.Н. Макаров, Г.В. Журбенко и др. / Сб. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Бетоны на основе золы и шлака ТЭС и комплексное их использование в строительстве». Новокузнецк, 1990. Т. 1. С. 173-184.
3. Капустин Ф.Л. Золошлаковая смесь ТЭС – минеральная добавка в цемент. Ф.Л. Капустин, Д.В. Рагозин, А.А. Кузнецов, И.С. Семериков, А.Ф. Капустин / Матер. Всерос. научн.-практ. конф. «Строительное материаловедение сегодня: актуальные проблемы и перспективы развития». Челябинск: Ю-УрГУ, 2010. С. 58-60.

## СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА В БЕТОНЕ

*Ф.Л. КАПУСТИН, студ. Н.А. ЖИТНИКОВА*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

*В.А. КЛЕВАКИН, О.А. ИВАНОВА*

ОАО «Ревдинский кирпичный завод»

На современном этапе развития строительной комплекса одним из актуальных вопросов является высокое качество строительных материалов и изделий при наименьших затратах на их производство. Высококачественный бетон для целого ряда конструкций должен обладать прочностью при сжатии в пределах 40-60 МПа и выше, быть стойким в условиях агрессивного воздействия внешней среды, иметь высокую морозостойкость, водонепроницаемость и долговечность. Такие бетоны в своем составе содержат значительное количество портландцемента, до 500-700 кг/м<sup>3</sup>, которое во многом определяет высокую себестоимость производства бетонной смеси. Поэтому с экономической точки зрения желательно, чтобы для изготовления бетонов широкого назначения использовали многокомпонентные цементы, а в качестве заполнителей недорогие местные строительные материалы и техногенные отходы. Существенное сокращение расхода цемента имеет важное значение для возведения массивных бетонных конструкций, где снижение саморазогрева твердеющего бетона уменьшает температурные напряжения, что позволяет увеличить размеры блоков, бетонируемых за один прием.

Среди известных способов снижения расхода цемента наиболее эффективными являются следующие технологические приемы:

- дополнительное измельчение цемента;
- использование в качестве наполнителей в бетонной смеси тонкомолотых материалов;
- введение комплексных органоминеральных добавок;
- улучшение качества инертных заполнителей;